



Eur päisches  
Patentamt

Eur pean  
Patent Office

Office européen  
des brevets

11002 U.S. PTO  
09/09/00 06/29/01

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

98124775.2

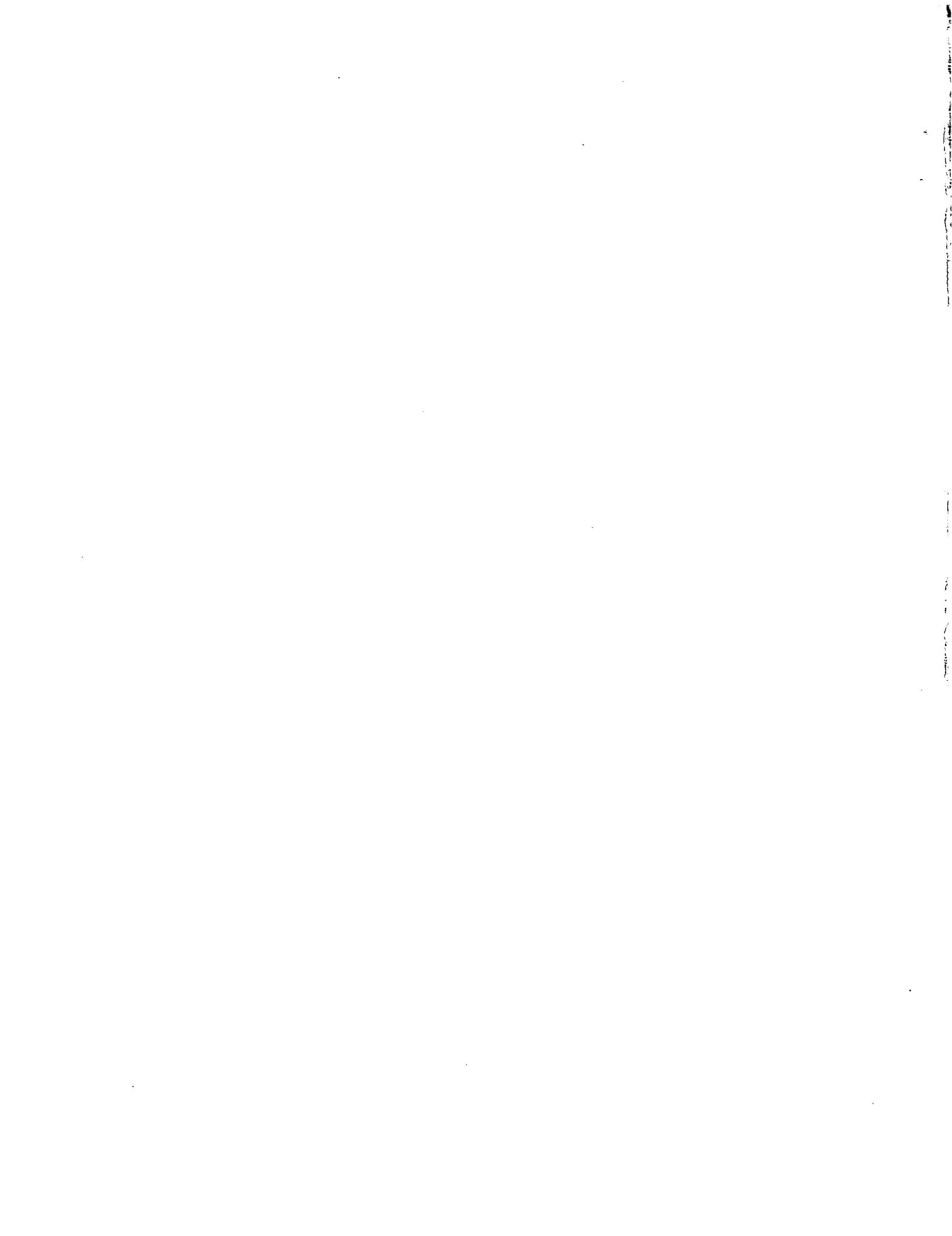
Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**I.L.C. HATTEN-HECKMAN**

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE, 03/02/00  
LA HAYE, LE





**Blatt 2 der Beschriftung**  
**Sheet 2 of the certificate**  
**Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.: **98124775.2**  
Demande n°:

Anmeldetag:  
Date of filing: **29/12/98**  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
**PIRELLI CAVI E SISTEMI S.p.A.**  
**20126 Milano**  
**ITALY**

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
**Method and equipment for the production of optical fibre cables**

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

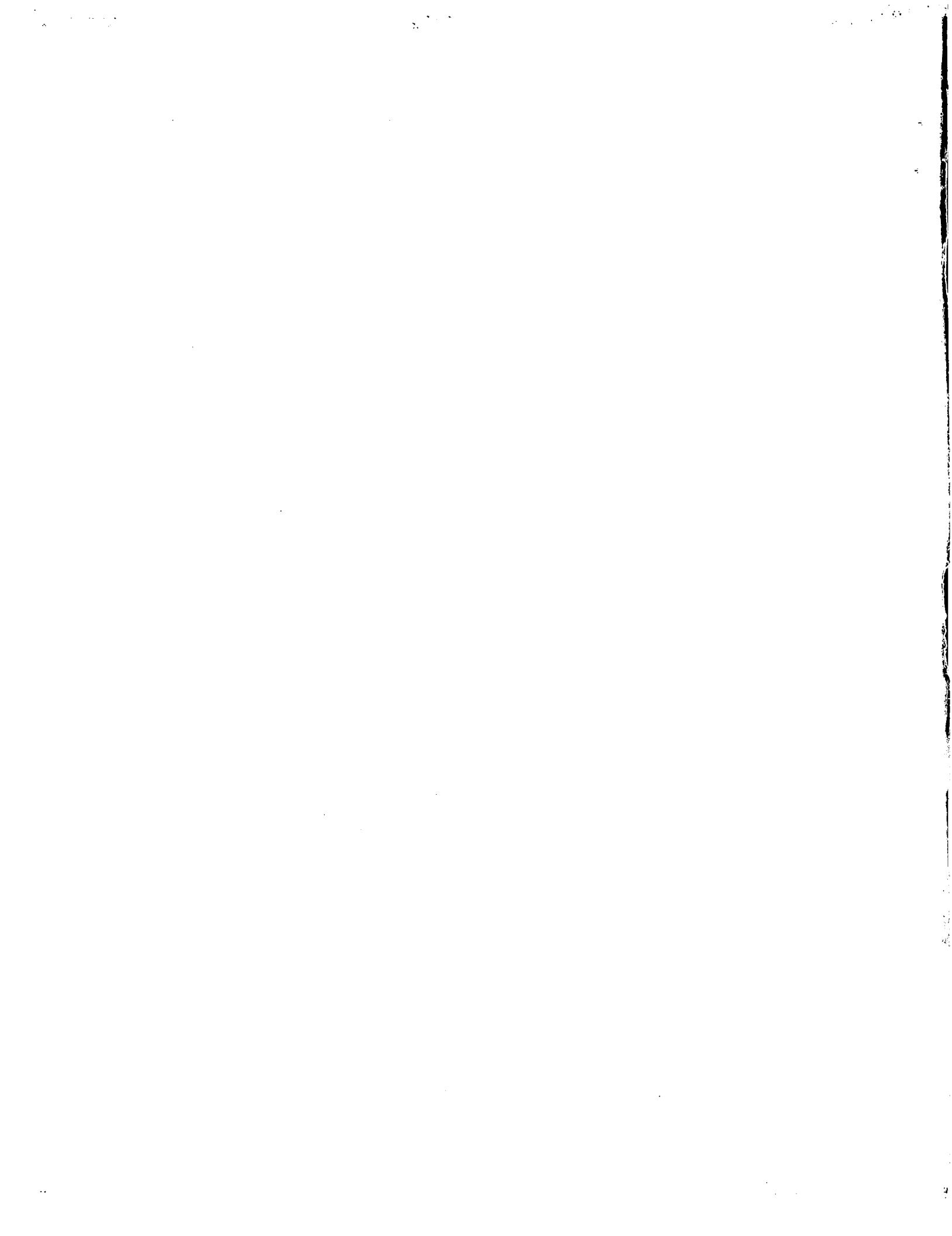
Staat: Tag: Aktenzeichen:  
State: Date: File no.  
Pays: Date: Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:  
**G02B6/44**

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

The title of the invention in Italian reads as follows:  
Metodo e apparato per la produzione di cavi a fibre  
ottiche e cavi così prodotti



-1-

**METODO E APPARATO PER LA PRODUZIONE DI CAVI A FIBRE OTTICHE E  
CAVI COSÌ PRODOTTI**

La presente invenzione riguarda un metodo per la  
5 fabbricazione di cavi ottici, in particolare di cavi ottici  
contenenti fibre ottiche disposte in modo lasco all'interno  
di tali cavi, ed un cavo così prodotto.

Più specificamente, un aspetto della presente invenzione  
riguarda un metodo per controllare la quantità di fibra  
10 ottica disposta all'interno di un elemento cavo allungato  
atto a contenere tale fibra ottica, in particolare un  
elemento tubolare, tipicamente in materiale plastico.

Ulteriori aspetti della presente invenzione riguardano  
inoltre un elemento ottico, comprendente un elemento tubolare  
15 ed almeno una fibra ottica disposta al suo interno con  
lunghezza controllata, un metodo per produrre tale elemento  
ottico ed un cavo comprendente tale elemento ottico.

Attualmente, un metodo di fabbricazione dei cavi ottici  
comprende l'inserimento di una o più fibre ottiche in modo  
20 lasco ("loose") all'interno di un tubetto di materiale  
plastico, formando in questo modo il cosiddetto "nucleo  
ottico" del cavo. Questo elemento, noto anche come "loose  
tube" o "buffer tube", può venire poi usato, in diverse  
configurazioni, nella costruzione di cavi ottici, sia  
25 singolarmente che in gruppi di più tubetti. In tali tubetti  
possono essere contenute fibre ottiche singole oppure  
raggruppate in uno o più mazzetti ("bundle"), o in uno o più  
nastri ("ribbon"). Tipicamente, tali tubetti contengono  
inoltre un riempitivo tamponante, ad esempio un grasso, atto  
30 a impedire, in caso di ingresso accidentale di acqua  
all'interno del tubetto stesso, la propagazione longitudinale  
di tale acqua all'interno di detto tubetto.

La lunghezza delle fibre disposte all'interno di tali  
tubetti (singolarmente, a mazzetti o a nastri) può essere  
35 uguale, maggiore o minore della lunghezza (assiale) del  
tubetto. Nel corso della presente descrizione, tale

convenzione indicata con il termine "eccesso fibra". In particolare, quando la lunghezza della fibra è maggiore della lunghezza del tubetto atto a contenerla, questo verrà indicato con il termine "eccesso fibra positivo". Al contrario, quando la lunghezza della fibra è minore della lunghezza del tubetto atto a contenerla, questo verrà indicato con il termine "eccesso fibra negativo". Infine con il termine eccesso fibra nullo, si intende che la lunghezza della fibra è sostanzialmente uguale alla lunghezza del tubetto atto a contenerla.

Tipicamente, la differente lunghezza della fibra all'interno del tubetto ha lo scopo di permettere allungamenti o contrazioni della struttura del cavo causati ad esempio da variazioni termiche o da manipolazioni meccaniche, evitando che tali variazioni della lunghezza del cavo si ripercuotano sulla fibra stessa. Infatti, a differenza dei materiali polimerici, il materiale vetroso che forma la fibra ottica è molto poco sensibile alle normali variazioni di temperatura cui è sottoposto il cavo in esercizio e può presentare inconvenienti se sottoposto ad allungamento meccanico. Pertanto, è generalmente opportuno che la lunghezza della fibra all'interno del tubetto sia tale da permettere al tubetto di seguire le variazioni in lunghezza associate alle sollecitazioni (meccaniche e termiche) cui è sottoposto, senza che la fibra stessa venga sottoposta a un indesiderato valore di trazione meccanica o altri fenomeni che provochino attenuazione. Ad esempio, per cavi ottici da impiegare in ambienti a temperatura elevata o cavi aerei (sottoposti ad allungamento per effetto del peso proprio), per compensare l'allungamento della struttura di tale cavo sarà opportuno utilizzare un eccesso fibra positivo, in modo tale da consentire alla fibra di seguire tali allungamenti senza subire essa stessa indesiderati allungamenti. D'altra parte, per cavi ottici da impiegare in ambienti a basse temperature, la contrazione della struttura

-3-

di tale cavo tende ad aumentare il valore di eccesso fibra. In questo caso, se si impiega un eccesso fibra positivo, l'ulteriore aumento di tale valore può provocare una eccessiva curvatura della fibra all'interno del tubetto, con 5 il rischio di indurre attenuazioni del segnale. In tali casi può quindi essere opportuno utilizzare un eccesso fibra negativo.

Tipicamente nella produzione dei nuclei ottici di tipo "loose", in materiale plastico viene estruso ad alta 10 temperatura attorno alle fibre formando così un tubetto di contenimento che, dopo essere stato raffreddato, viene raccolto su apposite bobine.

Un metodo per produrre cavi "loose" e per controllare l'eccesso fibra è descritto nel brevetto US 4414165 di 15 Oestreich, et al.. Il brevetto descrive un metodo e un apparato per formare un elemento trasmissivo ottico avente la fibra ottica contenuta lasciamente in un rivestimento tubolare contenente un materiale di riempimento.

Un altro metodo per produrre cavi tipo "loose" e per 20 controllare la lunghezza di fibra relativamente alla lunghezza del tubetto entro cui tale fibra è contenuta è descritto nel brevetto US 5372757 di Schneider, et al.. In particolare, secondo quanto descritto in tale brevetto, viene applicata al tubetto plastico ed alle fibre ottiche una forza 25 di tiro ad elevata temperatura e successivamente, mantenendo tale forza di tiro, il tubetto viene raffreddato.

La richiedente ha tuttavia osservato che nel periodo che intercorre tra la produzione del tubetto e il suo impiego successivo, ad esempio per realizzare un cavo ottico 30 comprendente un tale tubetto, si possono manifestare fenomeni di contrazione longitudinale ("shrinkage") indesiderata e non preventivabile del tubetto stesso, con una conseguente variazione non controllabile del rapporto tra la lunghezza del tubetto e la lunghezza delle fibre in esso contenute.

35 Pertanto, secondo quanto osservato dalla richiedente, oltre al controllo dell'eccesso di fibra sulla linea di

estrusione, risulta necessario controllare tali eventuali variazioni di eccesso fibra anche nel periodo che intercorre la produzione del tubetto, che viene tipicamente raccolto su una bobina al termine del processo produttivo, ed il suo 5 utilizzo nella successiva fase di realizzazione del cavo.

Tipicamente i tempi di immagazzinamento (cioè il periodo in cui i tubetti rimangono avvolti su bobina prima di essere impiegati per la successiva realizzazione del cavo) variano da alcune ore fino a circa una settimana.

10 In particolare la richiedente ha osservato che una volta che i nuclei ottici prodotti secondo le tecniche note sono stati raccolti su bobina, il materiale plastico che forma il tubetto tende ad assestarsi ulteriormente, subendo in particolare una contrazione longitudinale. Tali assestamenti 15 non sono generalmente preventivabili e comunque, poiché comportano normalmente un'ulteriore contrazione del tubo, provocano una variazione non controllabile, in particolare un aumento, del valore imposto di eccesso di fibra.

Tali contrazioni osservate dalla richiedente risultano in 20 alcuni casi di un ordine di grandezza analogo al valore di eccesso fibra impostato in produzione, con il risultato di modificare sostanzialmente il valore finale dell'eccesso fibra e creare inconvenienti nel successivo impiego dei tubetti per la realizzazione di un cavo ottico.

25 In particolare, la richiedente ha osservato che con velocità di produzione elevate il tubetto viene tipicamente avvolto intorno alla bobina di raccolta a spire incrociate in maniera casuale. Tale avvolgimento disordinato del tubetto genera spazi vuoti distribuiti in modo casuale nella matassa 30 del tubetto avvolto sulla bobina di raccolta. In corrispondenza di questi spazi il tubetto può detensionarsi più facilmente e subire le succitate contrazioni, mentre il detensionamento risulta ostacolato in altre zone. In questo modo si determinano degli accorciamenti differenti e non 35 controllabili dei tubetti raccolti sulle diverse bobine ed

-5-

anche lungo tratti diversi di uno stesso tubetto raccolto sulla stessa bobina.

A seguito dell'individuazione di tale problema, la richiedente ha trovato una soluzione per eliminare o 5 quantomeno minimizzare le suddette variazioni di lunghezza in fase di immagazzinamento dei tubetti plastici contenenti le fibre ottiche, sottponendo il materiale che forma il tubetto che contiene le fibre ottiche a un allungamento di entità prefissata.

10 Un aspetto della presente invenzione riguarda pertanto un metodo per produrre un tubetto di materiale polimerico associato ad almeno una fibra ottica alloggiata al suo interno, che comprende le fasi di:

- fare avanzare detta almeno una fibra ottica lungo un 15 percorso fino ad un estrusore;
- estrudere il materiale polimerico intorno a detta fibra ottica a formare detto tubetto;
- raffreddare il tubetto fino a una temperatura finale prefissata, in cui, durante detto raffreddamento, si 20 realizzano le fasi di:

- sottoporre il tubetto contenente detta fibra ottica ad una prima forza di tiro in una prima sezione di detta linea di estrusione;
- sottoporre detto tubetto ad una seconda forza di tiro 25 in una seconda sezione di detta linea di estrusione, in sostanziale assenza di congruenza tra detta fibra e detto tubetto, essendo detta seconda forza di tiro maggiore di detta prima forza di tiro;
- sottoporre detto tubetto ad una terza forza di tiro in 30 una terza sezione di detta linea di estrusione, essendo detta terza forza di tiro minore di detta seconda forza di tiro;

essendo detta seconda forza di tiro tale da determinare una riduzione di almeno il 20% della contrazione

longitudinale di tale tubetto dopo un periodo di immagazzinamento di almeno una settimana immediatamente dopo detta estrusione rispetto ad un analogo tubetto che non ha subito un tale allungamento.

5 Preferibilmente, tale seconda forza di tiro è applicata ad una temperatura del tubetto alla quale il materiale polimerico ha un modulo elastico inferiore a circa 2000 Mpa, più preferibilmente, compreso tra circa 100 Mpa e circa 2000 Mpa e, ancora più preferibilmente, compreso tra circa 300 MPa 10 e circa 1500 MPa.

Preferibilmente, detta temperatura finale è inferiore a circa 40°C, essendo preferibilmente di circa 20°C.

La temperatura del tubetto durante la fase di applicazione di detta seconda forza di tiro subisce una variazione limitata.

15 Preferibilmente, la variazione di temperatura nel tratto di tubetto sottoposto a detta seconda forza di tiro è inferiore a circa il 10% del salto termico totale subito dal tubetto lungo la linea di estrusione; preferibilmente la variazione di temperatura nel tratto di tubetto sottoposto a detta 20 seconda forza di tiro è inferiore a circa 20°C e più preferibilmente è inferiore a circa 10°C.

Secondo una forma preferita di realizzazione, detta seconda forza di tiro è prefissata per causare un allungamento di almeno circa l'1% quando il materiale polimerico del tubetto

25 è polibutilentereftalato (PBT).

In un secondo aspetto, la presente invenzione riguarda un tubetto di materiale polimerico prodotto mediante un procedimento di estrusione e comprendente almeno una fibra ottica alloggiata al suo interno, caratterizzato dal fatto 30 che durante la produzione detto tubetto ha subito un allungamento tale per cui detto tubetto ha presentato una riduzione di almeno il 20% della contrazione longitudinale dopo un periodo di immagazzinamento di almeno una settimana

-7-

immediatamente dopo detta estrusione rispetto ad un analogo tubetto che non ha subito un tale allungamento.

Preferibilmente, il materiale polimerico di detto tubetto è scelto tra polibutilentereftalato (PBT), polietilene (PE) e 5 polipropilene (PP).

Preferibilmente, tale allungamento è di almeno circa 1'1% quando il materiale polimerico del tubetto è PBT.

In un ulteriore aspetto, la presente invenzione riguarda una apparecchiatura per la realizzazione di un tubetto

10 comprendente almeno una fibra ottica alloggiata al suo interno, comprendente:

- un estrusore atto a produrre un tubetto in materiale plastico contenente almeno una fibra ottica;
- almeno una vasca di raffreddamento;

15 • un dispositivo di stiramento atto ad applicare un incremento di tiro su un tratto di detto tubetto, essendo la variazione di temperatura in detto tratto di tubetto inferiore al 10% del salto termico totale del tubetto dall'estrusore a temperatura ambiente.

20 In particolare, detto dispositivo di stiramento comprende un elemento trainante ed un elemento frenante, disposto tra l'estrusore e detto elemento trainante.

Detto elemento trainante può comprendere una ruota motorizzata o una coppia di cingoli di trascinamento

25 motorizzati. L'elemento frenante può comprendere a sua volta una seconda ruota motorizzata, o una coppia di cingoli di trascinamento, dove il tubetto viene fatto passare ad una velocità inferiore alla velocità che questo ha in corrispondenza dell'elemento trainante. In alternativa, tale

30 elemento frenante può essere una ruota folle intorno alla quale viene avvolto per almeno un giro completo il tubetto ed alla quale viene applicata una forza frenante oppure un manicotto gonfiabile provvisto di un'apertura centrale sostanzialmente circolare, entro la quale viene fatto passare 35 per strisciamento il tubetto.

una prima ruota motorizzata, impostata ad una prima velocità di rotazione e una seconda ruota impostata a una seconda velocità di rotazione inferiore alla prima.

5 In alternativa, detto dispositivo di stiramento comprende

- un primo elemento trainante, atto a tirare detto tubetto ad una prima velocità;
- un secondo elemento trainante impostato ad una velocità sostanzialmente uguale alla velocità di detto primo

10 elemento trainante;

- un terzo elemento posto tra detti due elementi trainanti atto ad applicare sul tratto di tubetto compreso tra detti due elementi trainanti una forza diretta perpendicolarmente alla direzione di avanzamento di detto tubetto.

15 In alternativa, detto dispositivo di stiramento comprende:

- un elemento trainante;
- un elemento frenante comprendente due serie di rulli tra i quali viene fatto passare il tubetto, essendo tali due serie di rulli disposti in modo alternato da parti opposte

20 rispetto all'asse centrale del tubetto, in modo che la distanza tra la tangente alla superficie inferiore della serie superiore e la tangente alla superficie superiore della serie inferiore sia minore del diametro del tubetto di un valore tale da causare un prefissato allungamento del tubetto

25 stesso.

Il presente trovato sarà meglio compreso dalla seguente particolareggiata descrizione con riferimento alle figure allegate, dove:

la figura 1 rappresenta un esempio schematico di linea di

30 estrusione secondo lo stato dell'arte;

La figura 2 rappresenta un esempio schematico di linea di estrusione con un primo esempio di apparecchiatura secondo la presente invenzione;

-9-

La figura 3 rappresenta un esempio schematico di linea di estrusione con un secondo esempio di apparecchiatura secondo la presente invenzione;

La figura 4 rappresenta un esempio schematico di linea di 5 estrusione con un terzo esempio di apparecchiatura secondo la presente invenzione;

La figura 5 rappresenta un esempio schematico di apparecchiatura secondo la presente invenzione;

La figura 6 rappresenta schematicamente un primo esempio 10 di elemento motorizzato atto a imporre una determinata velocità di movimento al tubetto nella suddetta apparecchiatura per realizzare l'allungamento desiderato del tubetto;

La figura 7 rappresenta schematicamente un secondo 15 esempio di elemento motorizzato atto a imporre una determinata velocità di movimento al tubetto nella suddetta apparecchiatura per realizzare l'allungamento desiderato del tubetto comprendente un cingolo atto a evitare lo scivolamento del tubetto;

20 La figura 8 rappresenta schematicamente la vista frontale di un primo esempio di elemento frenante impiegabile per realizzare il desiderato allungamento del tubetto secondo la presente invenzione;

La figura 9 rappresenta schematicamente la vista laterale 25 dello stesso esempio di figura 8 secondo la presente invenzione;

La figura 10 rappresenta schematicamente la vista frontale di un secondo esempio di elemento frenante impiegabile per realizzare il desiderato allungamento del 30 tubetto secondo la presente invenzione;

La figura 11 rappresenta schematicamente un esempio di dispositivo comprendente due ruote motorizzate per produrre un allungamento del tubetto;

La figura 12 mostra la vista dal basso dello stesso 35 dispositivo di figura 16;

-10-

La figura 13 rappresenta schematicamente un esempio di accumulatore;

La figura 14 rappresenta schematicamente un primo esempio di cavo comprendente più di un tubetto in materiale plastico 5 secondo l'invenzione al cui interno sono alloggiate fibre ottiche in modo lasco;

La figura 15 rappresenta schematicamente un secondo esempio di cavo comprendente un tubetto in materiale plastico secondo l'invenzione al cui interno sono alloggiate fibre 10 ottiche in modo lasco;

La figura 16 rappresenta schematicamente un secondo esempio di cavo comprendente un tubetto in materiale plastico secondo l'invenzione al cui interno sono alloggiate almeno un ribbon di fibre ottiche in modo lasco;

15 la figura 17 mostra un esempio di come può variare il tiro applicato al tubetto, la temperatura dello stesso e il valore di eccesso fibra nelle varie sezione della linea di estrusione, in un metodo secondo la presente invenzione.

Tipicamente, per realizzare un tubetto di materiale 20 plastico contenente una o più fibre al suo interno, tale tubetto viene estruso intorno alle fibre ottiche.

Come mostra schematicamente la figura 1, una linea di estrusione convenzionale per produrre un tubetto contenente una o più fibre ottiche 1 tipicamente comprende una o più 25 bobine dalla quale vengono svolte una o più fibre ottiche 1 le quali sono alimentate alla testa di un estrusore 3 attraverso cui il materiale plastico è estruso intorno a esse, formando un tubetto 11. Il tubetto 11 è quindi alimentato a un dispositivo di raffreddamento 10 e da questo 30 a un elemento di tiro 5 (di diametro tipicamente compreso tra 600 mm e 1000 mm) e quindi a una bobina finale di raccolta 4. Facoltativamente, la linea di estrusione può comprendere un'ulteriore puleggia 7 (anch'essa di diametro tipicamente compreso tra 600 mm e 1000 mm) posta tra detto elemento di 35 tiro 5 e l'estrusore.

-11-

Lungo la linea di estrusione le fibre ed il tubetto in materiale plastico che le racchiude procedono per un certo tratto in modo indipendente l'uno dalle altre. Il raffreddamento del materiale plastico, con conseguente contrazione di questo, non comporta in questo tratto alcuna variazione del valore di eccesso fibra, in quanto le fibre non sono solidali con il tubetto e la contrazione si ripartisce lungo tutta la parte del tubo non solidale con le fibre.

10 Per generare o modificare l'eccesso fibra occorre invece che fibre e tubetto procedano in modo solidale lungo la linea di estrusione, in modo tale che la contrazione longitudinale del tubetto plastico, causata dal raffreddamento, generi il desiderato eccesso fibra in conseguenza di una contrazione 15 della fibra sostanzialmente nulla o molto inferiore. Il punto sulla linea di estrusione nel quale si crea tale solidarietà di movimento tra fibra e tubetto plastico è detto "punto di congruenza", e da tale punto in poi fibra e tubetto sono detti "congruenti".

20 La congruenza viene tipicamente determinata dal raggiungimento di una soglia di attrito tra fibre ottiche e tubetto, generalmente favorito dal raffreddamento del tubetto lungo la linea di estrusione e dalla eventuale presenza all'interno del tubetto di un riempitivo tamponante.

25 A parità di condizioni di processo, il punto di congruenza può quindi essere spostato lungo la linea di estrusione agendo opportunamente sulle modalità di raffreddamento del tubetto; ad esempio diminuendo la temperatura della vaschetta di raffreddamento si può 30 avvicinare il punto di congruenza all'estrusore.

La congruenza tra fibra e tubetto può essere alternativamente forzata in un determinato punto della linea di estrusione in modo meccanico. Ad esempio, si può impiegare una ruota (ad esempio la puleggia 7 di fig. 1), intorno alla 35 quale viene fatto passare per un certo numero di giri (ad esempio 2 o più) il tubetto contenente la fibra, così da

5 L'eccesso fibra dipende sostanzialmente dalla temperatura a cui avviene la congruenza fra tubetto e fibre; tanto più elevata è la temperatura del materiale plastico alla congruenza, tanto maggiore sarà la sua contrazione a valle di detto punto e conseguentemente l'eccesso fibra generata dalla  
10 contrazione.

Quindi, in prima approssimazione, si avrà che:

$$\Delta L/L = a(T) \Delta T$$

$\Delta L$  allungamento del campione di tubetto

L lunghezza del campione di tubetto

15  $a(T)$  coefficiente di dilatazione termico (funzione della temperatura)

$\Delta T$  variazione di temperatura tra punto di congruenza e termine del transitorio di raffreddamento.

Una valutazione precisa del fenomeno dovrà tenere conto  
20 anche di altre variabili, tra cui le rigidezze assiali, tiri scambiati, viscosità del tamponante etc., i quali sono funzione della temperatura.

Quindi, fissate le condizioni di processo e conoscendo le caratteristiche del materiale plastico, in particolare il suo  
25 coefficiente di dilatazione termico, è possibile realizzare la congruenza fibra-tubetto alla temperatura ottimale in modo da ottenere il desiderato eccesso fibra.

Tipicamente, al termine del processo produttivo, l'eccesso di fibra finale all'interno del tubetto ottico è di  
30 pochi decimi di percentuale e in particolare varia da circa -3% a circa il +3%, preferibilmente tra circa -1% e circa +1%.

L'imposizione di un tiro controllato ad un tubetto secondo la presente invenzione è ottenuto inserendo lungo una linea di estrusione dei dispositivi che impongano in modo  
35 controllato differenti velocità a due sezioni di detto tubetto oppure applicando al tubetto una forza che allunghi

-13-

plasticamente il tubetto stesso. In particolare, tale tiro è superiore al tiro normalmente applicato al tubetto nelle normali condizioni di estrusione, essendo tale tiro preferibilmente da 2 a 5 volte il tiro applicato normalmente al tubetto.

Secondo un primo esempio di realizzazione, illustrato in modo schematico in figura 2, il tubetto 11 proveniente dall'estrusore 15 viene sottoposto alla desiderata forza di tiro impiegando un dispositivo comprendente un primo elemento 10 motorizzato trainante 12 (ad esempio una puleggia motorizzata avente una predeterminata velocità di rotazione, intorno alla quale viene avvolto senza strisciamenti il tubetto per almeno un giro completo) e un secondo elemento motorizzato 13 con funzione frenante posto a monte dell'elemento trainante 12 15 (ad esempio una seconda puleggia, intorno alla quale viene avvolto senza strisciamenti il tubetto per almeno un giro completo, essendo tale puleggia impostata ad una velocità di rotazione inferiore a quella della puleggia 12). Il dispositivo è posto ad una distanza L1 dall'estrusore tale 20 che il tubetto raggiunga la desiderata temperatura per applicare il tiro. Tale distanza dipende, tra le altre cose, dal tipo di materiale, dalla velocità di estrusione del tubetto e dalla temperatura dell'acqua di raffreddamento. Ad esempio tale distanza aumenterà all'aumentare della velocità 25 di estrusione e all'aumentare della temperatura dell'acqua. Tipicamente tale distanza sarà compresa tra 1 m e 10 m.

La distanza L2 tra i due elementi motorizzati 12 e 13 sarà sufficientemente ridotta, in modo tale che il tratto di tubetto compreso tra i due elementi subisca una limitata 30 variazione di temperatura. Indicativamente, tale distanza è inferiore a circa un metro, essendo preferibilmente compresa tra circa 200 mm e circa 500 mm, ancor più preferibilmente tra 300 mm e 400 mm.

La temperatura del tubetto viene portata ai valori 35 desiderati per effettuare l'allungamento del tubetto stesso

-14-

tramite una o più vaschette di raffreddamento 10 poste lungo la linea di estrusione.

In una forma di realizzazione preferita, sono previste più vaschette di raffreddamento 10a, 10b, 10c allineate in 5 successione, il cui sviluppo longitudinale complessivo L3 è compreso preferibilmente tra 10 m e 50 m, all'interno delle quali può essere immersa acqua di raffreddamento a diverse temperature.

Una configurazione particolarmente preferita prevede che 10 il dispositivo di stiramento comprendente i due elementi motorizzati 12 e 13 sia contenuto all'interno di una vaschetta di raffreddamento 10b.

L'avanzamento del tubetto a velocità differenti sui due elementi motorizzati ne determina l'allungamento nel tratto 15 compreso tra detti elementi motorizzati, secondo la formula:

$$\epsilon = (L_{all} - L_0)/L_0 = (V_A - V_0)/V_0 = (V_A / V_0) - 1,$$

dove  $L_0$  è la lunghezza iniziale del tubo,  $L_{all}$  è la lunghezza del tubo sottoposto a trazione,  $V_A$  e  $V_0$  sono rispettivamente la velocità del tubetto sull'elemento 20 motorizzato trainante 12 e la velocità del tubetto sull'elemento motorizzato 13.

L'adeguata selezione delle velocità di rotazione dei due elementi motorizzati 12 e 13 genera un tiro predeterminato sul tratto di tubetto compreso tra i due elementi motorizzati 25 12 e 13 provocandone un allungamento.

Secondo l'invenzione, il tiro applicato su tale tratto di tubetto è superiore al tiro applicato al tubetto nelle altre sezioni della linea di estrusione, in particolare nella sezione successiva alla sezione di linea dove si trova il 30 dispositivo di allungamento sopra illustrato.

Il tiro applicato al tubetto in detto tratto sarà preferibilmente da 2 a 5 volte il tiro normalmente applicato nel tratto successivo della linea di estrusione, in particolare tra l'elemento 12 e la ruota di traino 5.

-15-

Ad esempio, nel caso che il tubetto sia tirato con un tiro di circa 1 kg nel tratto tra la puleggia 12 e la ruota di traino 5, tale tubetto potrà essere vantaggiosamente sottoposto ad un tiro di circa 2.5-3 kg nel tratto tra le due 5 pulegge 12 e 13.

L'allungamento del materiale plastico che costituisce il tubetto viene realizzato prima di effettuare la congruenza tra tubetto e fibra. In questo modo, durante l'allungamento del tubetto le fibre si muovono ancora in modo indipendente 10 dal tubetto, e non sono quindi sollecitate dalla trazione di allungamento imposta sul tubetto.

Le fibre ottiche sono tipicamente predisposte per resistere senza danni ad allungamenti fino allo 0.3%. Superato tale valore, nella fibra si possono creare delle 15 tensioni che determinano generalmente fenomeni di attenuazione del segnale trasmesso.

In assenza di congruenza è quindi possibile operare allungamenti del tubetto di entità relativamente elevata, ad esempio dell'ordine dell'1% o più, senza impartire 20 indesiderate trazioni alle fibre ottiche.

Qualunque sia il dispositivo impiegato per applicare detta forza di tiro al tubetto, è comunque opportuno che la lunghezza del tubetto sottoposto a tale tiro sia piuttosto limitata, in modo che il tratto di tubetto sottoposto ad 25 allungamento sia sottoposto ad una variazione di temperatura limitata.

Se la variazione di temperatura del tubetto è limitata, il modulo elastico del materiale polimerico subisce anch'esso un variazione limitata, permettendo così un migliore 30 controllo delle condizioni di processo.

Preferibilmente, la variazione di temperatura nel tratto di tubetto sottoposto a detto tiro è inferiore a circa il 10% del salto termico totale subito dal tubetto lungo la linea di estrusione.

35 Ad esempio, nel caso che il materiale polimerico sia PBT (polibutilentereftalato), che ha una temperatura di

estrusione di circa 300°C, il salto termico per arrivare ai 20°C di temperatura ambiente è di circa 280°C; una variazione di temperatura accettabile del tratto di tubetto sottoposto ad allungamento sarà quindi di circa 28°C.

5 Per limitare ulteriormente la variabilità del valore del modulo elastico del materiale, è comunque preferibile che la variazione di temperatura nel tratto di tubetto sottoposto al tiro controllato sia inferiore a circa 20°C, preferibilmente inferiore a circa 10°C.

10 Al fine di limitare la suddetta variazione di temperatura, è preferibile che la lunghezza di tubetto sottoposta a tale tiro controllato sia inferiore a circa un metro, preferibilmente compreso tra circa 200 mm e circa 500 mm.

15 In fig. 17 è illustrato un esempio schematico dell'andamento del tiro, della temperatura e dell'eccesso fibra in un tubetto lungo le diverse sezioni di una linea di estrusione come raffigurato in fig. 2. I valori numerici di tale esempio sono in particolare riferiti all'estrusione di 20 un tubetto di PBT di diametro interno di 2 mm, diametro esterno 3 mm e contenente 6 fibre ottiche del diametro di 250  $\mu$ m.

Nella sezione S1 (lunghezza di circa 3 metri), compresa tra l'estrusore (3) e la ruota 13 del dispositivo di 25 allungamento, il tiro (grafico inferiore) è quello necessario a fare procedere tubetto e fibre lungo la linea di estrusione (0,2 kg). In questa prima sezione, la temperatura del tubetto (grafico centrale) decresce esponenzialmente da circa 300°C all'uscita dell'estrusore fino a circa 60°C, temperatura alla 30 quale il materiale polimerico presenta il desiderato valore di modulo elastico. In assenza di congruenza tra fibre e tubetto, il valore di eccesso fibra è nullo (grafico superiore).

Nella sezione S2 tra le due ruote (13) e (12) del dispositivo 35 di allungamento, al tubetto viene quindi applicato un tiro di circa 2.5 kg, ad una velocità di deformazione di circa 0.6

-17-

m/min. La lunghezza di tubetto interessata da questo tiro è stata indicata sul diagramma per semplicità come la lunghezza di tubetto compresa tra i due assi delle pulegge 12 e 13 (circa 0.5 m).

5 In questa sezione, la variazione di temperatura è contenuta entro 10°C, in modo da minimizzare le variazioni del valore del modulo elastico del materiale polimerico.

Nel tratto di tubetto compreso tra le due pulegge non esiste congruenza tra fibre e tubetto, per cui l'allungamento

10 impartito al tubetto non viene trasmesso alle fibre. La congruenza tra fibre e tubetto viene invece creata sulla ruota (12), per cui all'uscita dalla sezione S2 le fibre procedono in modo solidale con il tubetto.

Nella sezione S3, il tiro applicato al tubetto viene portato 15 ai normali valori applicati in linea di estrusione, in questo caso a circa 0.8 kg. In questo tratto, la congruenza tra fibre e tubetto e l'ulteriore diminuzione di temperatura (da circa 60°C a circa 20°C) generano il desiderato eccesso fibra (circa 1%) nel tubetto, per effetto della contrazione termica 20 del materiale polimerico

In figura 7 è illustrato schematicamente un esempio di un elemento motorizzato 12 o di un elemento motorizzato frenante 13 (secondo la forma di realizzazione di figura 2). Tale elemento è formato da una ruota motorizzata e da un eventuale 25 apparato 24 atto a evitare lo scivolamento del tubetto 11 su detta ruota motorizzata.

Detto apparato 24 è formato da tre ruote folli 23 disposte a triangolo, tra le quali scorre una cinghia 19. L'apparato 24 è posto in modo tale che due delle tre ruote 30 folli 23 siano poste a cavallo di una parte della ruota motorizzata.

La cinghia 19 viene posta in trazione in modo da tenere schiacciato il tubetto contro la ruota motorizzata ed evitare indesiderati scivolamenti di detto tubetto. La tensione della 35 cinghia e la lunghezza di cinghia a contatto con il tubetto 11 vengono regolate in funzione, ad esempio, del

-18-

posizionamento della ruota motorizzata, della temperatura del tubetto e del materiale costituente detto tubetto. Detta parte di cinghia a contatto con il tubetto viene variata tramite il posizionamento delle due ruote folli 23 a cavallo 5 della ruota motorizzata in modo che la cinghia sposi la forma della ruota stessa; maggiore è la parte di ruota motorizzata compresa tra le due ruote folli, maggiore è la parte di tubetto che aderisce alla cinghia 19.

Nel caso la ruota motorizzata sia impiegata anche per 10 realizzare la congruenza tra fibre e tubetto nella linea di estrusione risulta vantaggioso avvolgere il tubetto 11 intorno alla ruota motorizzata in un numero di spire tali da rendere solidale il movimento del tubetto con quello delle fibre in esso contenute; in figura 12 è mostrato un esempio 15 di avvolgimento multiplo, (4 spire) intorno a una ruota motorizzata. In questo caso, può non essere necessario impiegare il dispositivo a tre ruote con cinghia atto a evitare lo scivolamento del tubetto.

In figura 6 è illustrata una realizzazione alternativa di 20 elemento motorizzato, atto a trainare il tubetto lungo la linea di estrusione, comprendente una coppia di cingoli di trascinamento.

Il tubetto 11 viene trainato mediante gli appositi cingoli di trascinamento motorizzati, passando in maniera 25 sostanzialmente rettilinea tra due serie di ruote motorizzate 21 poste su lati opposti del tubetto. Il numero di ruote motorizzate 21 costituenti il cingolo (sei secondo la figura) dipende anche dal materiale costituente detto tubetto e dalla posizione sulla linea di estrusione ed è tale che non si 30 verifichino scorimenti fra il materiale polimerico costituente il tubetto e le ruote motorizzate 21, così da impedire indesiderate e dannose variazioni della velocità nominale di avanzamento del tubetto stesso, senza tuttavia esercitare una eccessiva pressione sul tubetto. Tale elemento 35 motorizzato può essere usato in sostituzione di una o

-19-

entrambe le ruote motorizzate illustrate in precedenza, preferibilmente come elemento motorizzato frenante.

Secondo una realizzazione alternativa, l'allungamento del tubetto proveniente dall'estrusore viene effettuato imponendo 5 una forza diretta perpendicolarmente alla forza di tiro diretta da un primo elemento motorizzato a un secondo elemento motorizzato posti lungo la linea di estrusione e atti a porre in tensione la parte di tubetto soggetta a tale forza diretta perpendicolarmente alla forza di tiro.

10 Ad esempio secondo quanto illustrato schematicamente in figura 4, tale forza perpendicolare alla forza di tiro diretta da un dall'elemento motorizzato 13 all'elemento motorizzato 12 posti lungo la linea di estrusione viene ottenuta applicando una forza (ad esempio un peso, una molla 15 o simili) al tubetto mediante l'utilizzo di una ruota 17 alla quale è collegato un peso opportunamente calibrato 18; in tale configurazione l'elemento motorizzato 12 realizza la congruenza tra tubetto e fibre.

Secondo un differente esempio di realizzazione del 20 dispositivo di allungamento, illustrato in modo schematico in figura 3, l'allungamento del tubetto 11 proveniente dall'estrusore 15 può essere effettuato imponendo in modo controllato, mediante un elemento motorizzato 12 con funzione trainante e un adatto dispositivo frenante 16, una forza di 25 tiro  $T$  agente su un tratto di tubetto, secondo la formula:

$$\epsilon = T/EA, \text{ essendo } EA \text{ la rigidezza assiale del tubetto.}$$

La temperatura del tubetto viene portata ai valori desiderati per l'allungamento del tubetto stesso tramite una o più vaschette di raffreddamento 10 poste lungo la linea di 30 estrusione. Un esempio di configurazione, illustrato con linea tratteggiata in figura 3, prevede che il dispositivo frenante 16 e l'elemento motorizzato trainante 12 siano contenuti all'interno di una vaschetta di raffreddamento 10.

Secondo un esempio di realizzazione l'elemento frenante 35 16 è costituito da pattini a strisciamento associati a mezzi di serraggio, elastici, pneumatici, idraulici o simili.

applicato un freno, ad esempio ad attrito e intorno alla quale il tubetto si avvolge per un arco prefissato.

5 Preferibilmente tale ruota folle comprende anche un sistema per evitare lo slittamento del tubetto, come ad esempio un cingolo a tre ruote disposte a triangolo mostrato schematicamente in figura 7.

Secondo un ulteriore esempio di realizzazione, 10 schematicamente rappresentato nelle figure 8 e 9, l'elemento frenante 16 è costituito da un manicotto gonfiabile 38 in materiale elastico, con una parete esterna 46 e una parete interna 47 entro la quale viene fatto passare il tubetto 11 contenente le fibre ottiche 1. Il manicotto ha una lunghezza 15 determinata principalmente dal materiale costituente il tubetto e dalla sua temperatura nella posizione in cui l'elemento frenante 16 è collocato. Detto manicotto gonfiabile 38 è dotato di un attacco 37 che lo collega a un sistema di gonfiaggio. Il manicotto 38 viene gonfiato tramite 20 l'attacco 37 e portato a una pressione tale che le pareti del manicotto 38 a contatto con il tubetto 11 esercitino su di esso una pressione uniforme lungo tutta la lunghezza del manicotto 38, indipendentemente da eventuali variazioni del diametro del tubetto estruso, in modo tale da frenare per 25 attrito il tubetto 11 senza provocare a esso danneggiamenti o deformazioni.

Tale dispositivo frenante permette di ridurre al minimo eventuali ed indesiderate ovalizzazioni del tubetto, che si possono verificare quando il materiale plastico viene 30 sottoposto ad allungamento in condizioni di temperatura eccessivamente elevate in presenza di sollecitazioni non uniformi.

In un'altra configurazione, schematicamente rappresentata nella figura 10, il manicotto gonfiabile in materiale 35 elastico 38 è circondato da un involucro rigido 40 atto a impedire la dilatazione del manicotto 38 nella direzione

-21-

opposta al tubetto 11 in seguito ad un aumento della pressione interna nel manicotto 38. L'involucro rigido 40 serve a far sì che le dilatazioni indotte sul manicotto gonfiabile 38 procurino delle dilatazioni a detto manicotto 5 solamente nella direzione verso il tubetto 11.

L'allungamento del tubetto può essere inoltre realizzato accoppiando ad una ruota motorizzata 12 un dispositivo come quello illustrato schematicamente in figura 5, disposto tra detta ruota e l'estrusore. Tale dispositivo comprende due 10 serie di rulli disassati tra i quali viene fatto passare il tubetto. Tali due serie di rulli 21a e 21b sono disposti in modo alternato da parti opposte rispetto all'asse centrale del tubetto, in modo che la distanza tra la tangente alla superficie inferiore della serie superiore 21a e la tangente 15 alla superficie superiore della serie inferiore 21b sia inferiore al diametro del tubetto. La deviazione così impartita al tubetto dal percorso rettilineo è tale da provocare, nella parte del tubetto soggetto a curvatura maggiore, una serie di micro-allungamenti di entità che 20 sommati danno il desiderato allungamento di entità prefissata. Tale dispositivo è un esempio di realizzazione preferibilmente utilizzabile nel caso il tubetto abbia un modulo elastico molto basso, ad esempio inferiore a 200 Mpa.

I citati dispositivi di allungamento del tubetto possono 25 essere mobili e posizionati convenientemente lungo la linea di estrusione, a seconda delle varie esigenze, in particolare per potere effettuare l'operazione di allungamento alla temperatura più conveniente.

Come detto in precedenza, la congruenza tra fibre ottiche 30 e tubetto può essere imposta in un qualunque punto della linea di estrusione successivo al dispositivo di allungamento, impiegando un dispositivo costituito da ruote o tamburi che possono essere folli o preferibilmente motorizzati, su cui avvolgere un certo numero di volte il 35 tubetto, così da evitare ulteriori slittamenti tra fibra e tubetto.

-22-

Preferibilmente, l'elemento motorizzato sul quale si effettua la congruenza coincide con l'elemento motorizzato 12 di figura 2, 3 o 4. In tal modo si ottiene la configurazione più semplice in quanto il dispositivo di allungamento del 5 tubetto provvede anche a determinare l'eccesso fibra.

Il valore di eccesso fibra può essere controllato durante il processo di produzione del tubetto, ad esempio confrontando i giri di una ruota, posta in prossimità della bobina di svolgimento delle fibre (a monte dell'estrusore) e 10 tale che detta ruota ruoti in modo solidale (senza strisciamento) con la fibra, con i giri di una ruota posta in rotazione senza strisciamento dal tubetto a temperatura ambiente (cioè a contrazione termica praticamente conclusa) ad esempio in prossimità del tamburo di raccolta.

15 Con riferimento alle figure 2, 3 e 4, per controllare efficacemente l'entità dell'allungamento a cui viene sottoposto il tubetto, si impiegano adatte apparecchiature di controllo del tiro 14, opportunamente posizionate lungo il tratto di tubetto sottoposto ad allungamento.

20 Il tiro applicato può essere controllato efficacemente rilevandolo direttamente, ad esempio tramite almeno un "accumulatore" posto lungo il tratto in allungamento oppure tramite una o più "celle di carico" situata sull'apparato frenante o su quello trainante. Con il termine accumulatore 25 si intende un sistema, schematicamente raffigurato in figura 13, costituito tipicamente da due pulegge 42, 43 libere di ruotare, di cui una (rif. 42) con asse di rotazione fisso e l'altra (rif. 43) con asse rotazione traslabile rispetto all'asse della puleggia 42, preferibilmente montato su guide 30 o su una staffa oscillante 44, e opportunamente contrappesata da un contrappeso 45 in modo che vi sia un equilibrio tra tensione del tubetto 11 che vi transita e lo sforzo esercitato dalla puleggia mobile 43. Una volta impostato un predeterminato tiro sul tubetto, le eventuali variazioni del 35 tiro vengono assorbite dal movimento relativo della puleggia

-23-

mobile rispetto alla puleggia fissa, mantenendo invariato il tiro di allungamento.

Con il termine "celle di carico" si intende un dispositivo che comprende una puleggia libera di ruotare 5 associata a un sensore di pressione, come ad esempio, il dispositivo commercialmente noto con il nome di Tension trasducer ATB 05 di ASA Automazione Torino.

In alternativa si possono misurare, ad esempio mediante ruote contagiri, le velocità  $V_0$  e  $V_A$  alle estremità del tratto 10 di tubetto in allungamento, vale a dire all'inizio ed alla fine del tratto di tubetto compreso tra l'elemento motorizzato di trazione 12 e l'elemento 13 o 16, dalle quali si risale all'allungamento imposto al tubetto, secondo la già citata formula.

15 I suddetti dispositivi di controllo agiscono in modo da mantenere quanto più possibile costante il tiro imposto sul materiale plastico, intervenendo in modo retroattivo sul sistema a seguito della rilevazione di una variazione del tiro del tubetto o delle velocità  $V_0$  e/o  $V_A$ , aumentando o 20 diminuendo opportunamente la velocità di rotazione e/o l'intensità della frenatura sugli elementi che determinano l'allungamento del tubetto. Preferibilmente tali retroazionamenti sono controllati elettronicamente.

Secondo una realizzazione preferita, risulta 25 particolarmente conveniente effettuare l'allungamento del materiale polimerico in una zona della linea di estrusione dove il tubetto abbia già subito un sufficiente raffreddamento tale da non creare rischi di una sua ovalizzazione, ma che abbia ancora una temperatura 30 sufficientemente elevata per cui il suo modulo elastico sia ancora relativamente basso, per favorire l'allungamento del tubetto. La temperatura alla quale si realizza l'allungamento sarà tale per cui il modulo elastico del materiale impiegato per realizzare un tubetto secondo l'invenzione sia 35 preferibilmente compreso tra circa 100 Mpa e circa 2000 Mpa, ancor più preferibilmente tra circa 300 e circa 1500 MPa. Per

i materiali tipicamente impiegabili per realizzare detti tubetti, tale temperatura è generalmente compresa tra 20°C e 100°C preferibilmente tra 30°C e 70°C.

La richiedente ha osservato che con il metodo della 5 presente invenzione è possibile limitare considerevolmente la contrazione longitudinale del tubetto successiva alla sua produzione, in particolare in fase di immagazzinamento. In particolare, si è osservato che in un tubetto sottoposto ad un tiro controllato secondo la presente invenzione, è 10 possibile ridurre in maniera sostanziale la contrazione del tubetto rispetto ad un analogo tubetto che non abbia subito una analoga trazione, durante la suddetta fase di immagazzinamento. Più precisamente, è stato osservato che la contrazione di un tubetto prodotto secondo il presente metodo 15 è ridotta di almeno il 20% rispetto ad un analogo tubetto prodotto secondo un procedimento convenzionale.

L'entità dell'allungamento a cui il tubetto è sottoposto dovrà pertanto essere sufficientemente elevata da garantire una certa riduzione del fenomeno di "shrinkage" in fase di 20 immagazzinamento; tuttavia, l'allungamento a cui viene sottoposto il materiale plastico dovrà essere sufficientemente contenuto, di modo che tale allungamento non sia tale da peggiorare eccessivamente le caratteristiche meccaniche del tubetto stesso.

25 Oltre al valore di tiro, risulta anche importante la velocità con cui si applica tale tiro. Con riferimento alla fig. 17, tale velocità di applicazione del tiro di allungamento è determinata in particolare dalla differenza di velocità del tubetto nella sezione S3 e la velocità dello 30 stesso nella sezione S1. Tipicamente tale velocità di applicazione è compresa tra circa 0.1 m/min circa 2 m/min.

Ad esempio è stato osservato che un tubetto di PBT sottoposto ad un allungamento di circa il 10% ad una velocità di deformazione di circa 0.6 m/min presenta le desiderate 35 caratteristiche di riduzione della contrazione in fase di immagazzinamento.

-25-

Materiali vantaggiosamente utilizzabili per realizzare i suddetti tubetti ottici sono scelti tra polialchilentereftalati e poliolefine, in particolare polibutilentereftalato (PBT), polietilene (PE) e 5 polipropilene (PP).

Pur non volendo limitare i risultati della presente invenzione ad alcuna teoria specifica, la richiedente ritiene che una possibile causa della riduzione della contrazione longitudinale del tubetto nelle fasi successive alla sua 10 produzione possa risiedere nel fatto che l'allungamento del tubetto sulla linea di estrusione, nelle condizioni in cui viene effettuato, ha un valore tale da risultare maggiore del valore di allungamento limite elastico del tubetto stesso. Il superamento di tale limite di allungamento elastico (o punto 15 di snervamento) del tubetto, almeno in una parte della sezione dello stesso, ne determinerebbe una deformazione permanente, che potrebbe essere la causa della osservata riduzione della contrazione di tale tubetto nelle fasi successive alla produzione dello stesso.

20 Un esempio di cavo in fibra ottica in cui è possibile impiegare la presente invenzione è rappresentato in figura 14. Il cavo di figura 14 presenta nella posizione radialmente più interna un elemento di rinforzo, tipicamente in vetroresina 32, ricoperto da uno strato 28 polimerico, in 25 polietilene ad esempio. Il cavo presenta uno o più tubetti 26, in PE, PBT oppure in PP, eventualmente immersi in un riempitivo tamponante 33, contenenti, in modo lasco, le fibre ottiche 25, anch'esse eventualmente immerse in un riempitivo tamponante 33. Il tamponante 33 se necessario può essere 30 sostituito con polveri igroespandenti o altri materiali idrobloccanti. Ai tubetti 26 è stato applicato un allungamento di entità prefissata secondo la presente invenzione. I tubetti 26, sono avvolti da uno strato di rinforzo 29, tipicamente in Kevlar® o in filato di vetro, 35 comprendente due filati taglia guaina 34, disposti longitudinalmente rispetto al cavo. Il cavo comprende infine

-26-

un nastro metallico corrugato 30 (se necessario) e una guaina esterna 27, tipicamente in polietilene.

Un altro esempio secondo la presente invenzione è illustrato in figura 15 dove è rappresentato un cavo con un 5 unico tubetto 26 atta al contenimento in modo lasco delle fibre ottiche 25. In particolare la figura 15 mostra una vista in sezione di un cavo a fibre ottiche comprendente un tubo centrale 26 allungato secondo la presente invenzione, contenente le fibre ottiche 25 disposte in modo lasco, 10 eventualmente immerse in un materiale tamponante 33. Il tubo centrale 26 è circondato radialmente da uno strato di rinforzo 29, comprendente due filati taglia guaina 34, da un nastro corrugato 30 e da una guaina esterna in polietilene 27.

15 Un ulteriore esempio di cavo è illustrato in figura 16 la cui struttura è sostanzialmente simile a quella in figura 15 con la differenza che le fibre ottiche 25, alloggiate in maniera lasca all'interno del tubetto 26 opportunamente snervato, sono raggruppate in più nastri (ribbon) 31. Inoltre 20 affiancati ai due filati taglia guaina 34 sono presenti due elementi di rinforzo dielettrici 35, ad esempio in vetroresina.

L'applicazione degli ulteriori componenti del cavo sopra indicati può avvenire secondo tecniche note a partire dal 25 tubetto realizzato secondo l'invenzione e non è quindi ulteriormente descritta.

La presente invenzione verrà illustrata più in dettaglio mediante il seguente esempio realizzativo

#### ESEMPIO

30 Un tubetto per il contenimento lasco di fibre ottiche è stato costruito utilizzando l'apparato descritto in figura 2 e impiegando come materiale polibutilentereftalato Vestodur 3000. Tale tubetto aveva un diametro interno di circa 2 mm ed un diametro esterno di circa 3 mm, e conteneva 6 fibre 35 ottiche del diametro di 250 $\mu$ m. L'allungamento del tubetto 11 proveniente dall'estrusore 15 è stato ottenuto variandone

-27-

opportunamente la velocità di avanzamento lungo la linea di estrusione, impiegando una prima puleggia motorizzata 12 ed una seconda puleggia 13 con funzione frenante (essendo impostata ad una velocità di rotazione inferiore a quella della puleggia 12). Sulla puleggia 12 è stata inoltre imposta la congruenza tra fibra ottica e tubetto avvolgendo il tubetto con 5 spire intorno a detta ruota.

La puleggia 12 e la puleggia 13, entrambe di diametro 250mm, sono state posizionate con i rispettivi centri di 10 rotazione a una distanza di 350mm l'uno dall'altro a formare il dispositivo di allungamento. Detto dispositivo è stato posizionato all'interno della vaschetta di raffreddamento 10, la quale ha una lunghezza di 25m e una larghezza di 15 cm, essendo la puleggia 12 posta a 2,7m dall'estrusore. La 15 temperatura dell'acqua di raffreddamento contenuta nella vaschetta di raffreddamento 10 è stata mantenuta a 20°C. Il tiro applicato al tubetto nel tratto compreso tra l'estrusore e la puleggia 13 era inferiore a 0.3 kg.

Al termine della vasca di raffreddamento, al di fuori di 20 essa, è stata posta una ruota di traino del diametro di 100 cm ad una distanza di circa 27 m dall'estrusore. Il tubetto è stato quindi raccolto su una bobina del diametro di 30 cm posta a circa 30 m dall'estrusore.

La velocità di produzione del tubetto è stata impostata a 25 circa 60 m/min.

La velocità di rotazione della puleggia 12 è stata impostata a circa 76 g/min, corrispondente ad una velocità lineare del tubetto  $V_A$  di circa 60 m/min, mentre la velocità di rotazione della puleggia 13 è stata impostata a 75 g/min, 30 corrispondente ad una velocità lineare del tubetto  $V_o$  di 59.5 g/min. In tale modo, il tratto di tubetto tra le due pulegge 12 e 13 era sottoposto ad un tiro di circa 2.3 kg ed era sottoposto ad un allungamento di circa 1'1%.

L'allungamento del tubetto è stato effettuato a una 35 temperatura di circa 60°C, temperatura alla quale il Vestodur 3000 ha un modulo elastico di circa 600 Mpa.

La ruota di traino 5 è stata impostata ad una velocità di rotazione di circa 19 g/min. Il tratto di tubetto compreso tra la puleggia 12 e la ruota di traino era sottoposto ad un tiro di circa 0.8 kg.

5 L'avvolgimento del tubetto sulla bobina di raccolta è stato effettuato a spire incrociate in maniera casuale.

Al termine del procedimento il valore di eccesso fibra all'interno del tubetto era di circa 1%. In questo modo sono stati prodotti 2 Km di tubetto.

10 La richiedente con questa metodologia ha prodotto un totale di 9 tubetti secondo l'invenzione (totale di 18 Km).

Come termine di riferimento, sono stati preparati 9 campioni di tubetto (2 km ciascuno) utilizzando un sistema come descritto in precedenza ma privo del dispositivo di 15 allungamento. Come in precedenza la ruota di traino 5 è stata posta ad una distanza di 27 m dall'estrusore seguita dalla bobina di raccolta. Tale ruota era impostata ad una velocità di 19 g/min, imponendo un tiro di circa 0.8 kg al tubetto.

In tabella 1 e 2 sono riportati i valori di "shrinkage" 20 misurati dopo una settimana di immagazzinamento per le 9 prove secondo l'invenzione e le 9 prove di confronto, con il valore del relativo eccesso fibra risultante a seguito di tale "shrinkage".

#### 25 TABELLA (1)

Tubetto con allungamento (eccesso fibra prima dell'immagazzinamento dell'1%)

Prova	"shrinkage" percentuale dopo 1 settimana di immagazzinamento	Eccesso fibra risultante
1	0.2%	1.2%
2	0.2%	1.2%
3	0.3%	1.3%
4	0.3%	1.3%
5	0.3%	1.3%
6	0.4%	1.4%
7	0.4%	1.4%
8	0.5%	1.5%
9	0.5%	1.5%

-29-

## TABELLA (2)

Tubetto senza allungamento (eccesso fibra prima d' ll'immagazzinamento dell'1%)

Prova	"shrinkage" percentuale dopo 1 settimana di immagazzinamento	Eccesso fibra risultante
10	0.6%	1.6%
12	0.6%	1.6%
13	0.8%	1.8%
14	0.8%	1.8%
15	0.8%	1.8%
16	1.0%	2.0%
17	1.4%	2.4%
18	1.6%	2.6%
19	1.9%	2.9%

Dall'analisi dei dati riportati nelle tabelle 1 e 2 la richiedente ha osservato che, per un tubetto che ha subito un allungamento dell'1% in fase di produzione, il fenomeno di shrinkage dopo una settimana di immagazzinamento è stato, mediamente, ridotto del 60%, passando da un valore medio di circa 1% a un valore medio di circa 0.4%, riducendo pertanto le variazioni dell'eccesso fibra impostato causate dallo shrinkage durante la fase di immagazzinamento.

1. Metodo per produrre un tubetto di materiale polimerico associato ad almeno una fibra ottica alloggiata al suo interno, che comprende le fasi di:
  - fare avanzare detta almeno una fibra ottica lungo un percorso fino ad un estrusore;
  - estrudere il materiale polimerico intorno a detta fibra ottica a formare detto tubetto;
  - 10 • raffreddare il tubetto fino a una temperatura finale prefissata, in cui, durante detto raffreddamento, si realizzano le fasi di:
    - sottoporre il tubetto contenente detta fibra ottica ad una prima forza di tiro in una prima sezione di detta linea di estrusione;
    - sottoporre detto tubetto ad una seconda forza di tiro in una seconda sezione di detta linea di estrusione, in sostanziale assenza di congruenza tra detta fibra e detto tubetto, essendo detta seconda forza di tiro maggiore di detta prima forza di tiro;
    - sottoporre detto tubetto ad una terza forza di tiro in una terza sezione di detta linea di estrusione, essendo detta terza forza di tiro minore di detta seconda forza di tiro;
  - 25 essendo detta seconda forza di tiro tale da determinare una riduzione di almeno il 20% della contrazione longitudinale di tale tubetto dopo un periodo di immagazzinamento di almeno una settimana immediatamente dopo detta estrusione rispetto ad un analogo tubetto che non ha subito un tale allungamento.
2. Metodo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che tale seconda forza di tiro è applicata ad una temperatura del tubetto alla quale il materiale polimerico ha un modulo elastico inferiore a circa 2000 Mpa.

-31-

3. Metodo secondo la rivendicazione 2 caratterizzato dal fatto che alla temperatura del tubetto alla quale è applicata detta seconda forza di tiro il materiale polimerico ha un modulo elastico compreso tra circa 100 MPa e circa 2000 MPa.
4. Metodo secondo la rivendicazione 3 caratterizzato dal fatto che alla temperatura del tubetto alla quale è applicata detta seconda forza di tiro il materiale polimerico ha un modulo elastico compreso tra circa 300 MPa e circa 1500 MPa.
5. Metodo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detta temperatura finale è inferiore a circa 40°C.
6. Metodo secondo la rivendicazione 5 caratterizzato dal fatto che detta temperatura finale è circa 20°C.
7. Metodo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che la temperatura del tubetto durante la fase di applicazione di detta seconda forza di tiro subisce una variazione limitata.
8. Metodo secondo la rivendicazione 7 caratterizzato dal fatto che la variazione di temperatura nel tratto di tubetto sottoposto a detta seconda forza di tiro è inferiore a circa il 10% del salto termico totale subito dal tubetto lungo la linea di estrusione.
9. Metodo secondo la rivendicazione 7 caratterizzato dal fatto che la variazione di temperatura nel tratto di tubetto sottoposto a detta seconda forza di tiro è inferiore a circa 20°C.
10. Metodo secondo la rivendicazione 7 caratterizzato dal fatto che la variazione di temperatura nel tratto di tubetto sottoposto a detta seconda forza di tiro è inferiore a circa 10°C.
11. Metodo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detta seconda forza di tiro è prefissata per

(FEI).

12. Tubetto di materiale polimerico prodotto mediante un procedimento di estrusione e comprendente almeno una fibra ottica alloggiata al suo interno, caratterizzato dal fatto che durante la produzione detto tubetto ha subito un allungamento tale per cui detto tubetto ha presentato una riduzione di almeno il 20% della contrazione longitudinale

10 dopo un periodo di immagazzinamento di almeno una settimana immediatamente dopo detta estrusione rispetto ad un analogo tubetto che non ha subito un tale allungamento.

13. Apparecchiatura per la realizzazione di un tubetto comprendente almeno una fibra ottica alloggiata al suo interno suddetto tubetto, comprendente:

- un estrusore atto a produrre un tubetto in materiale plastico contenente almeno una fibra ottica;
- almeno una vasca di raffreddamento;
- un dispositivo di stiramento atto ad applicare un incremento di tiro su un tratto di detto tubetto, essendo la variazione di temperatura in detto tratto di tubetto inferiore al 10% del salto termico totale del tubetto dall'estrusore a temperatura ambiente.

20

14. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 13 caratterizzata dal fatto che detto dispositivo di stiramento comprende un elemento trainante ed un elemento frenante disposto tra l'estrusore e detto elemento trainante.

25

15. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 14 caratterizzata dal fatto che detto elemento trainante comprende una ruota motorizzata o una coppia di cingoli di trascinamento motorizzati.

30

16. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 14 caratterizzata dal fatto che detto elemento frenante comprende una ruota motorizzata o una coppia di cingoli di trascinamento

35

-33-

motorizzati, dove il tubetto viene fatto passare ad una velocità inferiore alla velocità che questo ha in corrispondenza dell'elemento trainante.

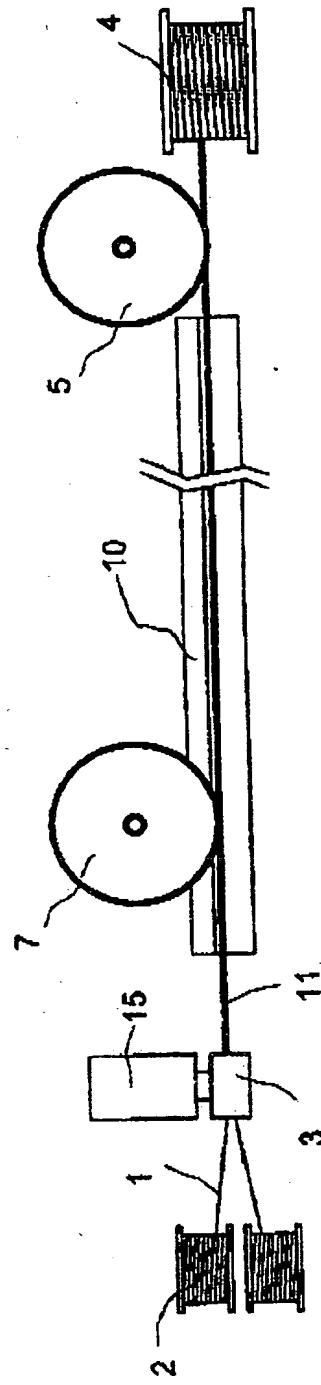


Fig. 1

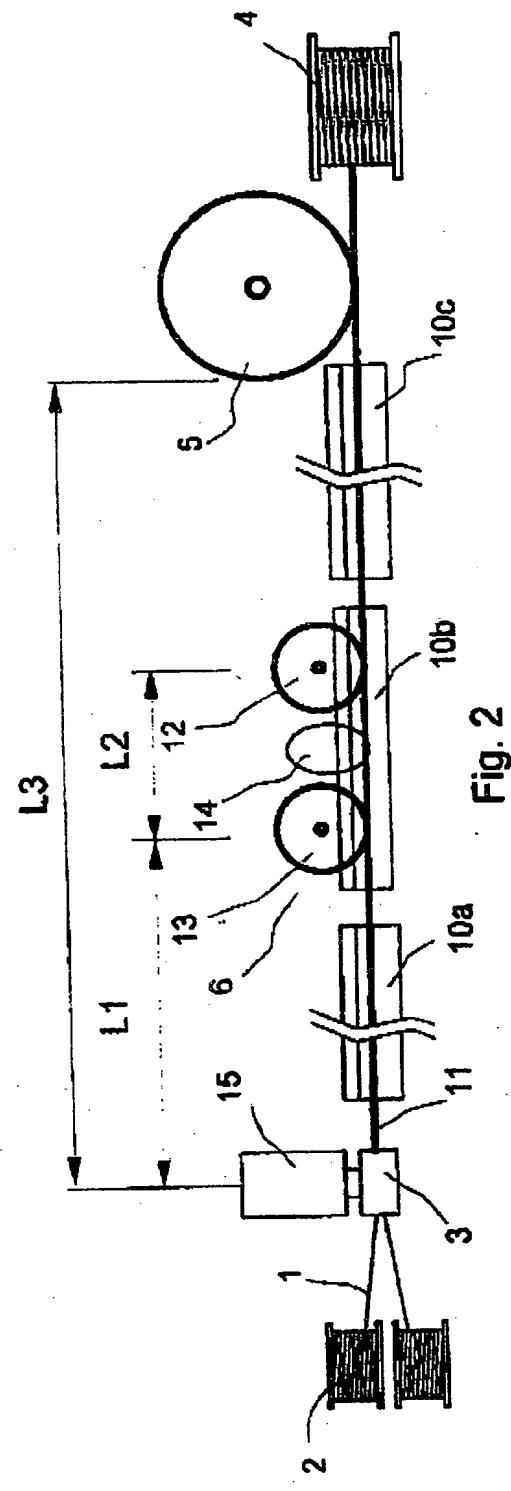


Fig. 2

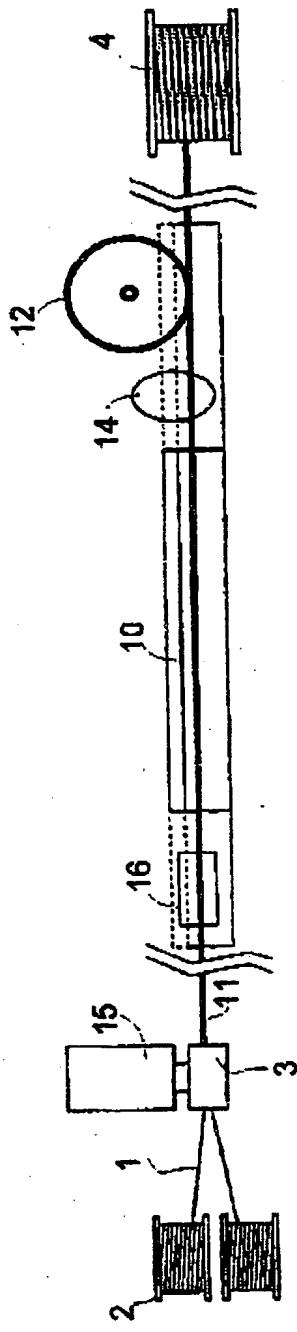


Fig. 3

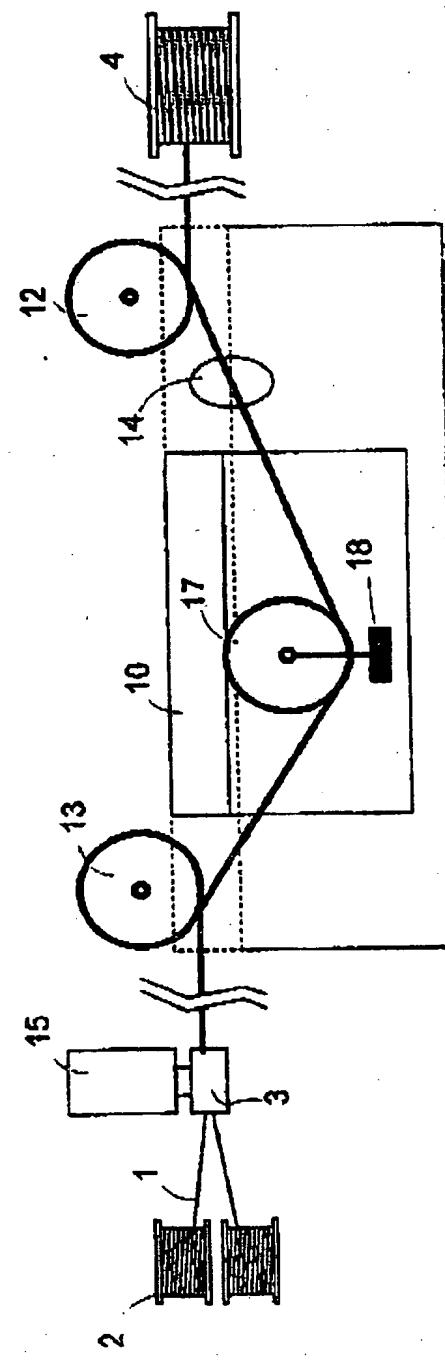


Fig. 4

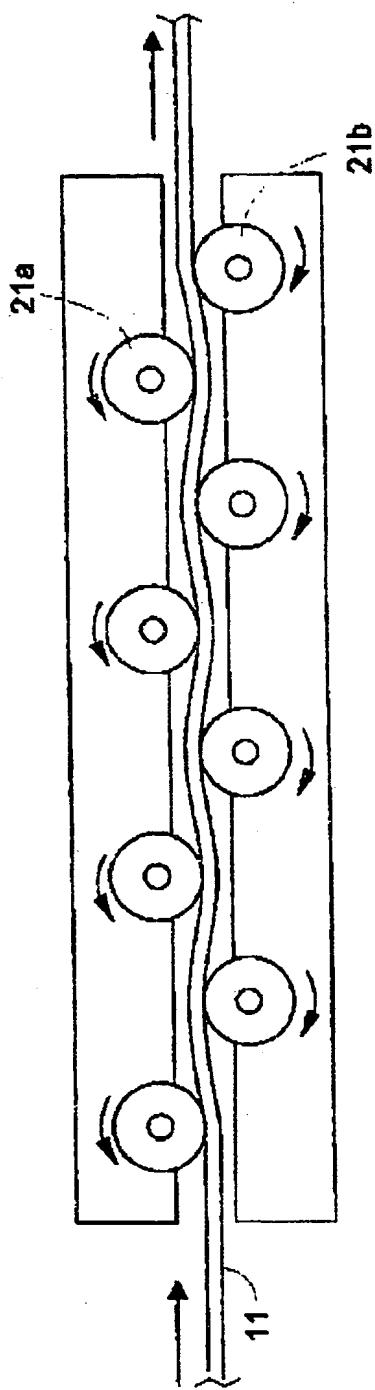


Fig. 5

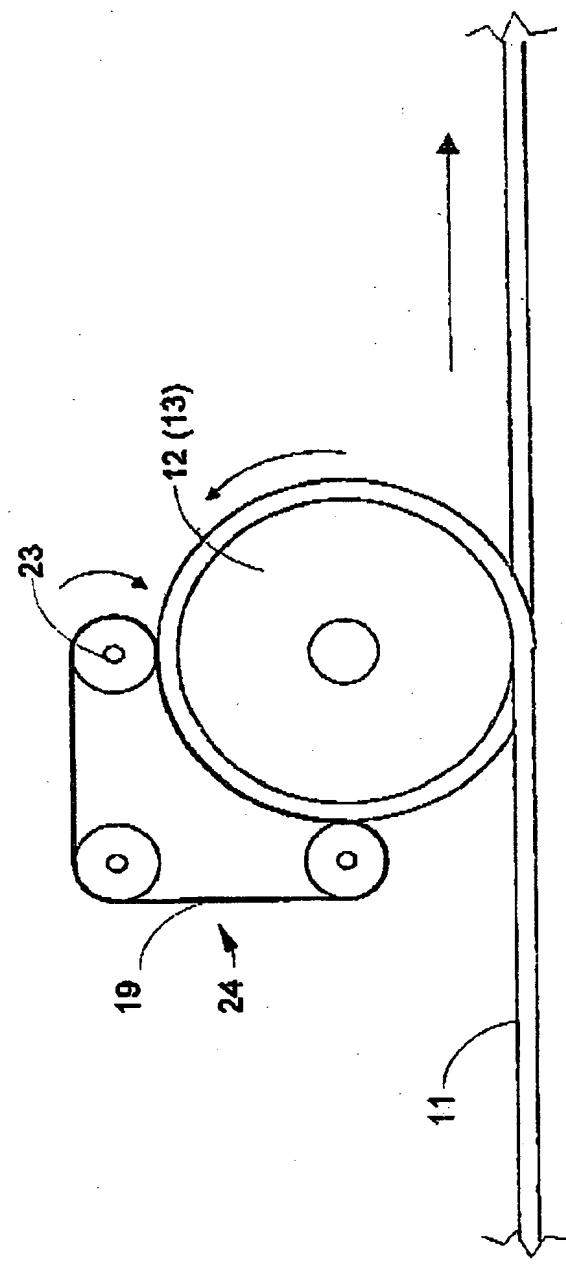


Fig. 7

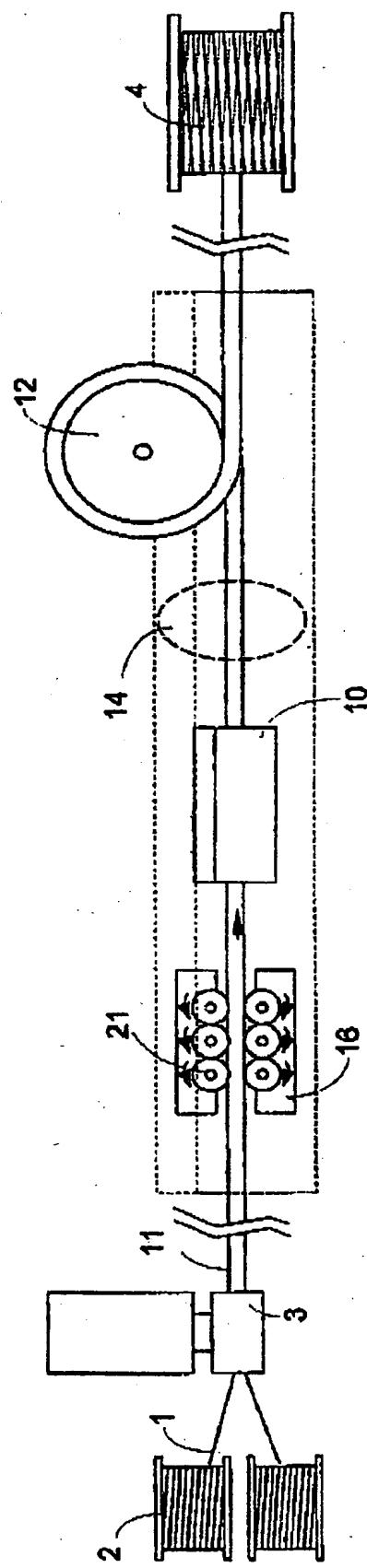


Fig. 6

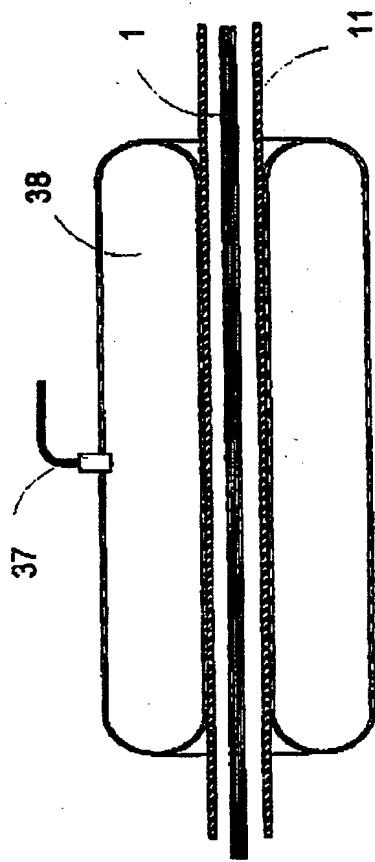


Fig. 9

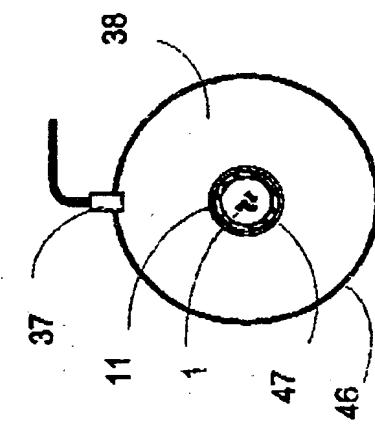


Fig. 8

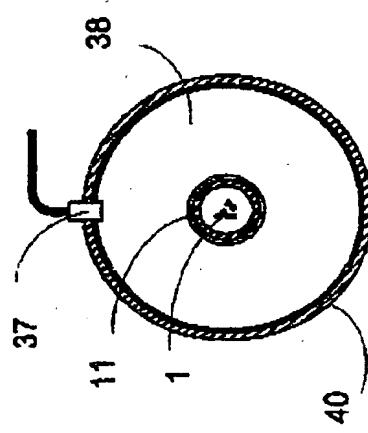


Fig. 10

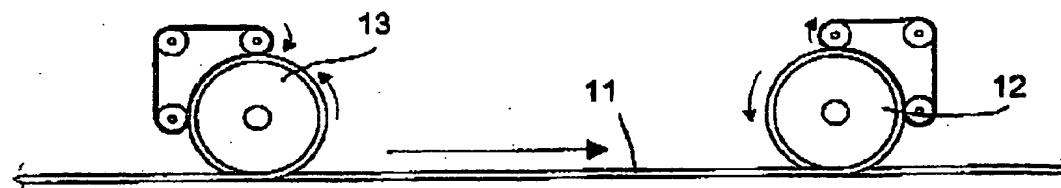


Fig. 11

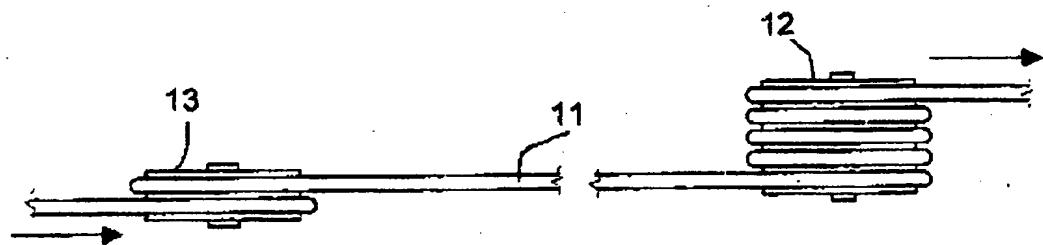


Fig. 12

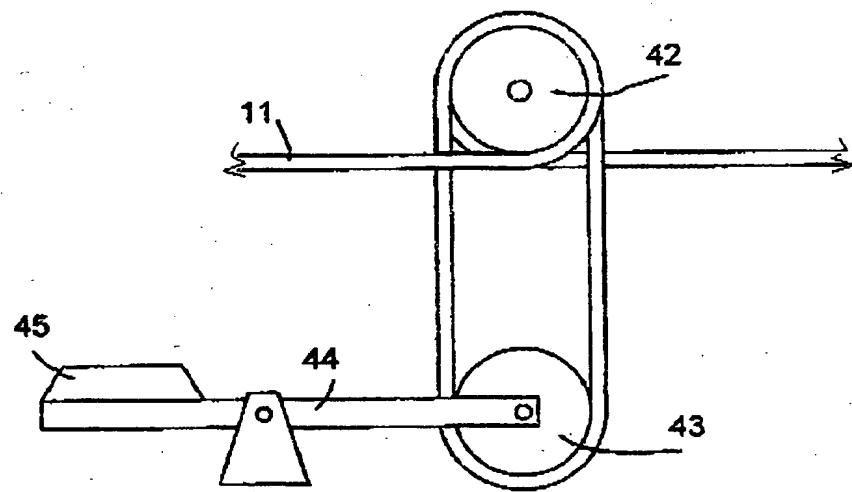


Fig. 13

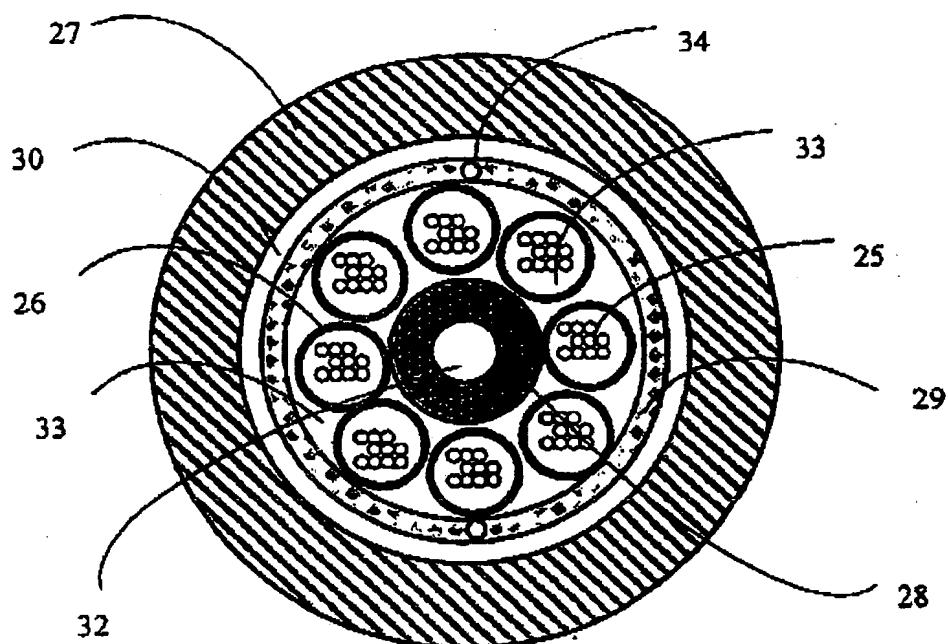


Fig. 14

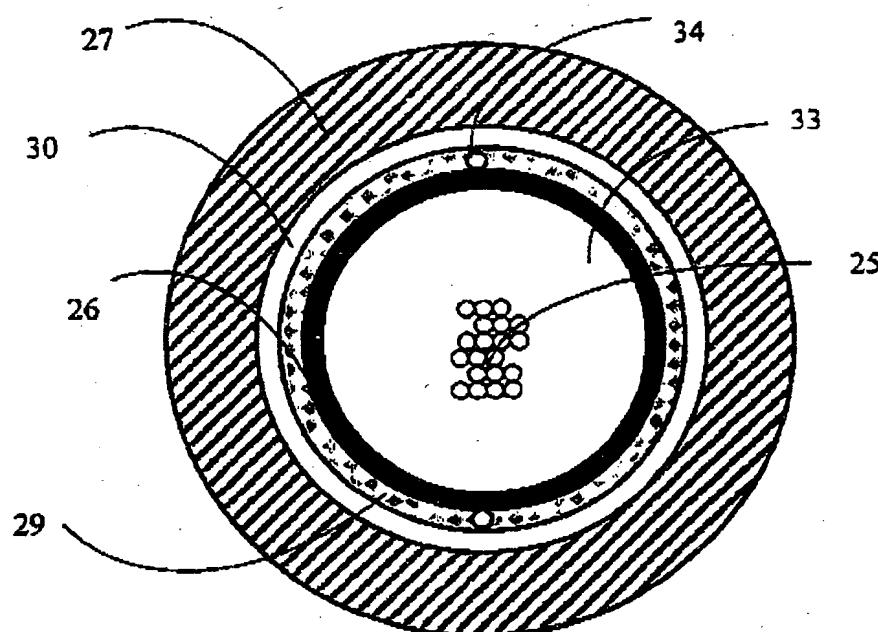
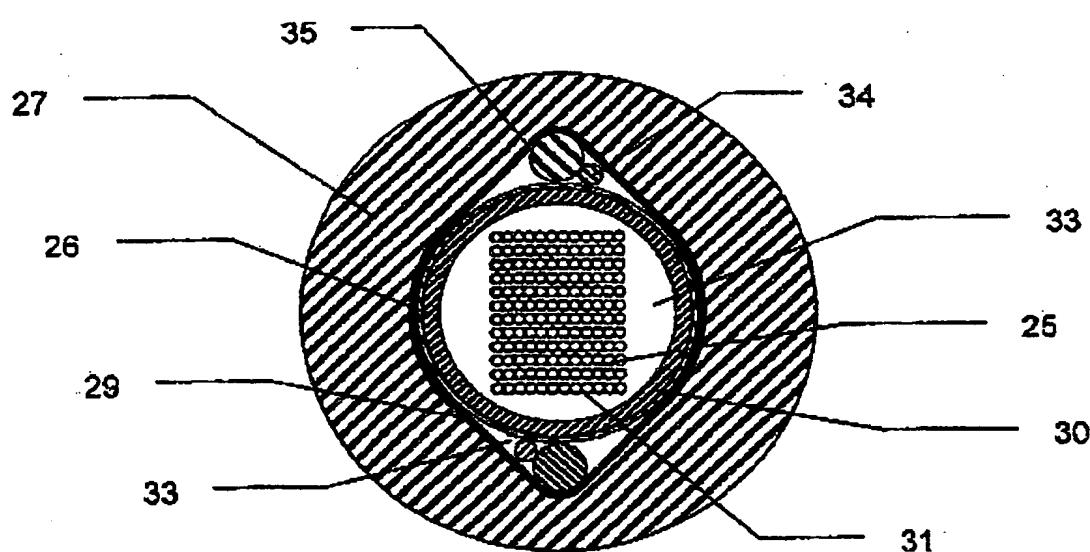


Fig. 15

Fig. 16



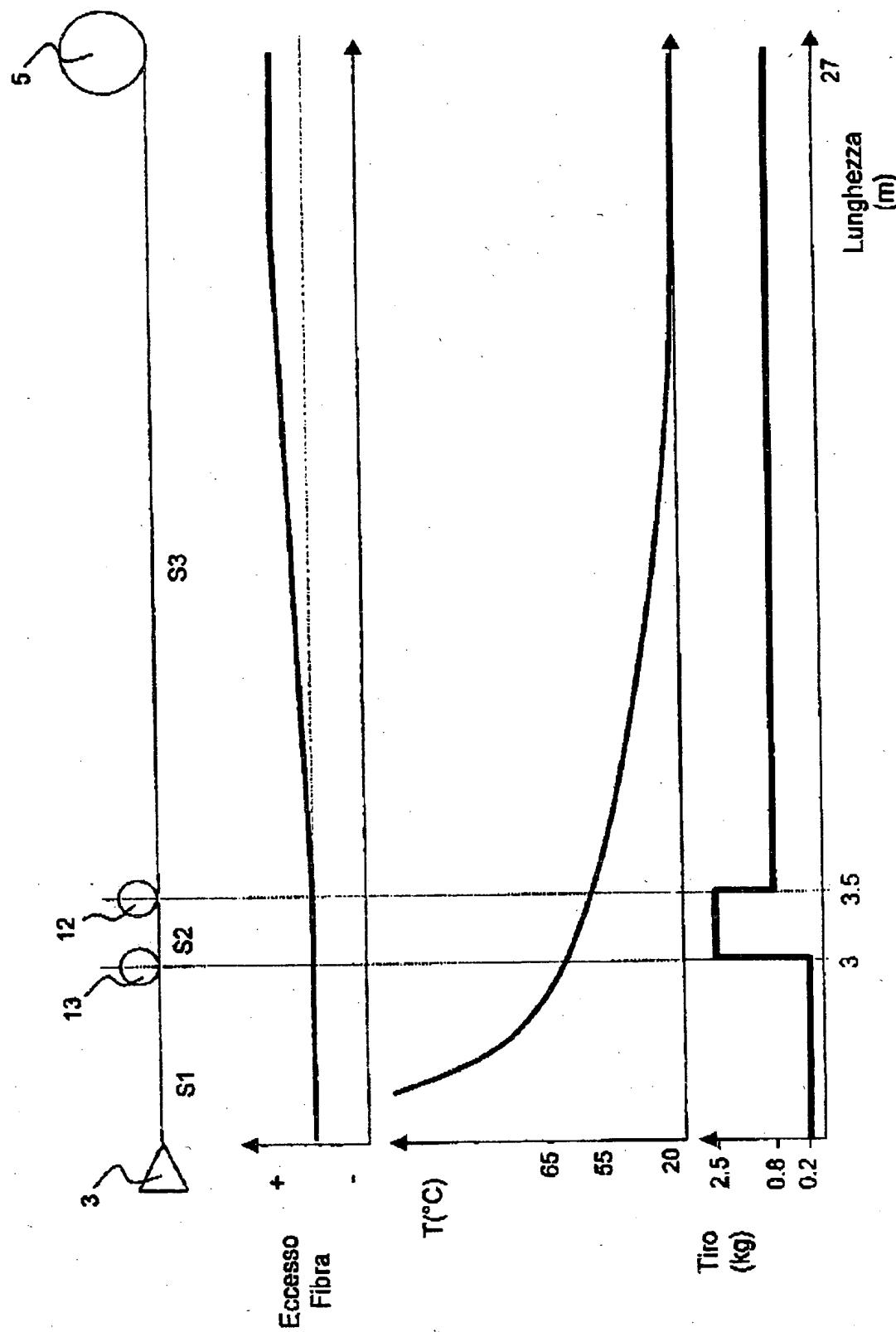


FIG. 17

-34-

[ABSTRACT]

In un tubetto di materiale plastico contenente fibre ottiche, successivamente alla produzione dello stesso, in particolare durante la fase di immagazzinamento quando il tubetto si 5 trova raccolto su bobina, si possono manifestare fenomeni di contrazione longitudinale ("shrinkage") indesiderata e non preventibile del tubetto stesso, con una conseguente variazione non controllabile del rapporto tra la lunghezza del tubetto e la lunghezza della fibre in esso contenute 10 ("variazione di eccesso fibra").

La presente invenzione riguarda un metodo e un apparato per limitare la variazione eccesso fibra all'interno di un tubetto di materiale plastico, mediante un allungamento di entità prefissata di tale tubetto in fase di produzione. La 15 presente invenzione riguarda inoltre un tubetto in materiale plastico che ha subito tale allungamento di entità prefissata, un cavo comprendente un tale tubetto e l'apparecchiatura atta alla produzione di tale tubetto.

